

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. November 2002 (14.11.2002)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/090953 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G01N 21/958**,
B29C 65/00, G01N 21/88

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **HUF TOOLS GMBH [DE/DE]**; Güterstrasse
17, 42551 Velbert (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/03789

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. April 2002 (05.04.2002)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MESSLER, Andreas**
[DE/DE]; Ludwig-Erhard-Weg 14, 42579 Heiligenhaus
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: **MENTZEL, Norbert**; Kleiner Werth 34, 42275
Wuppertal (DE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

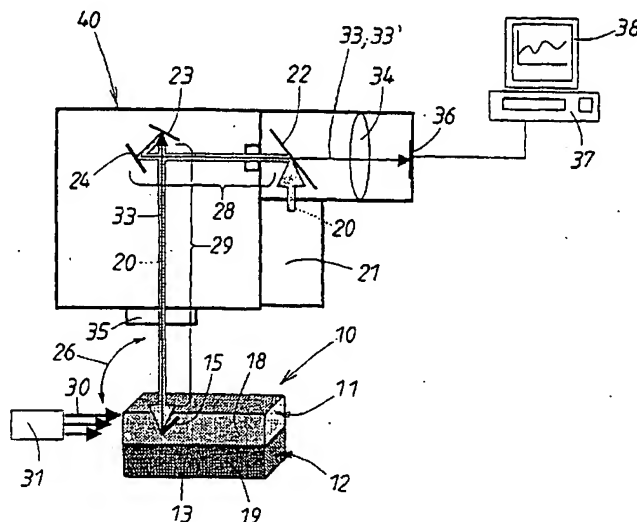
(30) Angaben zur Priorität:
101 21 923.7 5. Mai 2001 (05.05.2001) DE
101 58 095.9 27. November 2001 (27.11.2001) DE

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, SE, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR INSPECTING A WELD SEAM IN A WORKPIECE MADE OF WELDABLE PLASTIC, AND DE-
VICE FOR CARRYING OUT THIS METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR KONTROLLE EINER SCHWEISSNAHT IN EINEM AUS SCHWEISSFÄHIGEM
KUNSTSTOFF BESTEHENDEN WERKSTÜCK UND VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS



(57) Abstract: The invention relates to an inspection method for inspecting the quality of a weld seam (15) during which a material, which is transparent to electromagnetic radiation (30) of a defined frequency, is used in a workpiece (10) consisting of two plastic parts (11, 12). In order to be able to reliably inspect the weld seam, the invention provides that an electromagnetic inspection radiation (30) is irradiated inside the workpiece (10). The resulting reflections between the boundary surfaces in the workpiece (10) and the portions of inspection radiation (30, 30') exiting from the workpiece (10) are affected by the quality of the produced weld seam (15). By measuring the exiting radiation (33, 33'), it can be clearly determined whether the workpiece (10) has a defective or a tolerable seam (15).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/090953 A1

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(57) Zusammenfassung: Bei einem Kontrollverfahren für die Güte einer Schweißnaht (15) verwendet man in einem aus zwei Kunststoffteilen (11, 12) bestehenden Werkstück (10) ein Material, das für eine elektromagnetische Strahlung (30) definierter Frequenz transparent ist. Um die Schweißnaht zuverlässig kontrollieren zu können, wird vorgeschlagen, eine elektromagnetische Kontrollstrahlung (30) ins Innere des Werkstücks (10) einzubringen. Die sich dabei ergebenden Reflektionen zwischen den Grenzflächen im Werkstück (11) und den aus dem Werkstück (10) austretenden Teilen der Kontrollstrahlung (33, 33') hängen ab von der Qualität der erstellten Schweißnaht (15). Durch Messen der austretenden Strahlung (33, 33') kann daher eindeutig festgestellt werden, ob sich im Werkstück (10) eine fehlerhafte oder eine tolerierbare Naht (15) befindet.

Verfahren zur Kontrolle einer Schweißnaht in einem aus schweißfähigem Kunststoff bestehenden Werkstück und Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens

Die Erfindung richtet sich zunächst auf ein Kontrollverfahren der im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Art. Die Schweißnaht zwischen den beiden Materialien wird durch eine Laserstrahlung erzeugt, wobei der eine Kunststoff des Werkstücks für diese Laserstrahlung im wesentlichen transparent und der andere Kunststoff absorbierend sind.

Bei dem bekannten Verfahren dieser Art verwendete man zur Kontrolle ein Pyrometer, welches auf die von der hergestellten Schweißnaht ausgehende Wärmestrahlung anspricht. Damit eine möglichst hohe Temperatur das Pyrometer erreicht, muss die Messung während des Schweißens erfolgen. Außerdem muss der Werkstoff des einen Kunststoffteils für die Wärmestrahlung durchlässig sein. Zum Verschweißen von Kunststoffen hat sich die Verwendung der Laserstrahlung sehr bewährt. Es gibt zwei Schweißverfahren für die Laserstrahlung, nämlich das sogenannte „Bahnschweißen“ einerseits und das „Simultanschweißen“ andererseits. Die pyrometrische Kontrolle der Schweißnaht ist nur bei dem Bahnschweißen möglich und nicht bei dem Simultanschweißen anwendbar, obwohl Letzteres einen

Zeitvorteil gegenüber dem Bahnschweißen bringt. Eine Kontrolle der Schweißgüte konnte bei einem, im Simultanverfahren erzeugten Schweißprodukt nur indirekt, über Dimensions-Änderungen des Werkstücks erfolgen und war nur bei bestimmten Geometrien des Werkstücks überhaupt anwendbar. Die Güte einer Simultanschweißung konnte im Allgemeinen nicht kontrolliert werden.

Die beim Bahnschweißen mögliche pyrometrische Schweißkontrolle ist im Übrigen fehlerhaft und nur dann anwendbar, wenn das Material des einen Kunststoffteils nicht nur für die Laserstrahlung, sondern auch für die Wärmestrahlung durchlässig ist. Daher ist in vielen Fällen eine Schweißkontrolle beim fertigen Werkstück gar nicht möglich.

Bei einem bekannten Verfahren anderer Art (DE 196 03 675 A1) erfolgt die Schweißverbindung durch ein Berührungsschweißen von zwei übereinanderliegenden Kunststofffolien, aus denen ein Beutel hergestellt werden soll. Jede der beiden Kunststofffolien besteht in sich aus zwei Schichten, nämlich aus einer durchsichtigen, nicht schmelzenden äußeren Trägerschicht und einer inneren eingefärbten Siegelschicht. Durch zwei gegeneinander drückende beheizte Siegelbacken werden die einander berührenden Siegelschichten der beiden Folien miteinander verschweißt. Durch die Schweißverbindung an den farbigen Siegelschichten ändert sich die Helligkeit der Schweißnähte gegenüber jenen Stellen, die nicht oder unzureichend verschweißt worden sind. Diese Helligkeitsunterschiede werden in einem Durchlichtverfahren ermittelt und zur Kontrolle der Qualität der Schweißnähte benutzt. Die beiden Folien werden mit einer Lichtquelle im Bereich der Schweißnaht durchleuchtet und das auf der anderen Seite der Folien austretende Licht wird von einem Sensor erfasst und ausgewertet. Dieses bekannte Verfahren ist auf durch Laserstrahlung erzeugte Schweißnähte nicht anwendbar, weil der eine Kunststoffteil dieses Schweißprodukts absorbierend und damit lichtundurchlässig ist.

Bei einem weiteren Verfahren zur Kontrolle von Schweißnähten an aus zwei Folien hergestellten Beuteln, in die auch gleich Schüttgut eingefüllt wird (US 5,260,766 A) ist es bekannt, Laserlicht über eine Vielzahl von Glasfasern einem aus transparentem Material bestehenden Heizwerkzeug zuzuführen. Dadurch soll das Licht bis zu der

Berührungsstelle dieses Heizwerkzeugs mit einem Gegenwerkzeug gelangen, zwischen denen die beiden Folien liegen und verschweißt werden. Das von dieser Berührungsstelle reflektierte Licht muss das transparente Material des Heizwerkzeugs durchqueren, um in eine Kamera zu gelangen, wo es ausgewertet wird. Daraus soll auf die Qualität der Schweißnaht geschlossen werden. Dieses Verfahren ist nur bei dünnen ebenen Folien anwendbar, wo lineare Schweißnähte entstehen, und erfordert ein transparentes Schweißwerkzeug. Dieses Verfahren ist nicht auf das Laserschweißen von räumlichen Kunststoffteilen mit zwei- oder dreidimensional verlaufenden Schweißnähten anwendbar.

Schließlich ist es auch noch bekannt (DE 298 16 401 U1) mittels einer Durchleuchtungstechnik Risse in einer durch Schweißen erzeugten Überlappungs-Stoßnaht von Blechen zu detektieren. Dazu wird die Schweißnaht zwischen einem Lichtsender und einem Lichtempfänger gebracht. Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, soll diese Durchleuchtungstechnik in einer Flüssigkeit mit extrem niedriger Viskosität erfolgen. Dieses Verfahren ist zur Kontrolle von Schweißnähten, die durch Laserstrahlung zwischen zwei Kunststoffteilen entstehen, von denen eines absorbierend ist, nicht geeignet.

Der Erfindung liegt zunächst die Aufgabe zugrunde, ein zuverlässiges Kontrollverfahren der im Oberbegriff des Anspruches 1 angegebenen Art zu entwickeln, welche die vorerwähnten Nachteile des Standes der Technik vermeidet. Dies wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruches 1 angegebenen Maßnahmen erreicht, denen folgende besondere Bedeutung zukommt.

Im Inneren des Schweißprodukts erfolgen an allen Materialgrenzflächen zwischen den beiden Kunststoffteilen des Werkstücks Reflektionen der Kontrollstrahlung, also auch im Bereich der Schweißnaht. Die aus dem Werkstück austretende Strahlung wird in signifikanter Weise verändert, wenn die Schweißnaht gegenüber dem vorausgehend erfassten Idealzustand anders ausfällt, also fehlerhaft ist. Daraus kann eindeutig auf die Güte der Schweißnaht geschlossen werden. Ein Auswerter erfasst die aus dem fertig geschweißten Werkstück austretende Kontrollstrahlung und löst

entsprechende Reaktionen aus, wenn sich aufgrund einer fehlerhaften Naht Störungen der gemessenen Kontrollstrahlung ergeben.

Die Erfindung schlägt als Kontrollstrahlung zwei unterschiedliche Maßnahmen vor, von denen jeder ihre eigenständige erfinderische Bedeutung zukommt. Eine Möglichkeit besteht darin, gemäß Verfahrensanspruch 2, zur Kontrolle eine von der Laserstrahlung völlig unabhängige Strahlung zu verwenden. Es genügt dabei zu beachten, für die Kontrollstrahlung jene elektromagnetische Frequenz zu wählen, bei welcher mindestens einer der beiden Kunststoffteile für diese Kontrollstrahlung transparent ist. Diese Maßnahmen lassen sich dann nicht nur während des Schweißvorgangs selbst sondern auch nachträglich, am fertigen Schweißprodukt anwenden. Dieses Kontrollverfahren könnte auch dann benutzt werden, wenn die Schweißnaht nicht durch Laserstrahlung sondern auf andere Weise erzeugt worden ist.

Besonders vorteilhaft ist es aber, gemäß Anspruch 3, als Kontrollstrahlung die zum Herstellen der Schweißnaht verwendete Laserstrahlung selbst zu verwenden. Beim Messen wird dann jene Austrittsstrahlung erfasst, die von einer bereits verfestigten Stelle der entstehenden Schweißnaht ausgeht. Das ist möglich, weil die ins Werkstück gelangende Laserstrahlung im Inneren des Werkstücks gestreut wird und man erfasst durch geeigneten Versatz des Detektors jene Stelle, die vom Focus der Laserstrahlung beabstandet ist. Es wird die im laserverschweißten Werkstück bereits mehrfach gestreute Laserstrahlung zur Kontrolle benutzt. Auf dieser Weise erhält man Ergebnisse darüber, was sehr nahe am Schweißgeschehen abläuft. Bei unbefriedigenden Ergebnissen kann man sofort reagieren.

Die Erfindung richtet sich ferner auf eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Die zum Aufbau dieser Vorrichtung dienenden Maßnahmen sind aus Anspruch 11 zu ersehen. Diese Vorrichtung ist vielfältig einsetzbar und eignet sich besonders gut zur Regelung des Laserlichts.

Weitere Maßnahmen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen. In den

Zeichnungen ist die Erfindung in mehreren Ausführungsbeispielen dargestellt. Es zeigen:

- Fig. 1, in schematischer, perspektivischer Darstellung, ein Beispiel für ein Schweißprodukt, nämlich einen in ein zweischichtiges Werkstück integrierten Transponder,
- Fig. 2 ein erstes, fotometrisches Kontrollverfahren für die Güte einer erzeugten Schweißnaht,
- Fig. 3 das Wirkprinzip des in Fig. 2 praktizierten Verfahrens, wenn keine Schweißnaht zwischen den beiden Kunststoffteilen des Werkstücks vorliegt,
- Fig. 4, in einer zur Fig. 3 analogen Darstellung, die Verhältnisse, wenn zwischen den beiden Kunststoffteilen sich eine Schweißnaht ausgebildet hat,
- Fig. 5 ein weiteres Kontrollverfahren nach der Erfindung zur Ermittlung der Schweißnahtgüte,
- Fig. 6, schematisch, einen Längsschnitt durch eine Vorrichtung für ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens und
- Fig. 7, in Vergrößerung, ein Teilstück des in Fig. 6 angedeuteten Werkstücks, anhand dem die besondere Wirkungsweise dieses Verfahrens erläutert werden soll.

Das in Fig. 2 gezeigte Werkstück 10 besteht aus zwei plattenförmigen Kunststoffteilen 11, 12, die wenigstens stellenweise eine Berührungsfläche 13 zwischen sich haben, an welcher eine Schweißnaht 15 entstehen soll. Ein solches fertiges Schweißprodukt ist beispielhaft in Fig. 1 veranschaulicht.

Zur besseren Erkennbarkeit ist in Fig. 1 der obere Kunststoffteil 11 durchsichtig gezeichnet und lässt daher einen Blick auf dessen Berührungsfläche 13 mit dem darunter liegenden anderen Kunststoffteil 12 zu. In diesem zweiten Kunststoffteil 12 soll sich eine Aufnahme 14 für einen plättchenförmigen Transponder 16 befinden, der in der Lage ist, elektronische Daten zu empfangen, zu speichern und zu senden. Ein solcher Transponder ist temperaturempfindlich und muss vor Umwelteinflüssen, wie Feuchtigkeit, geschützt werden. Der eingelegte Transponder 16 wird durch eine hier in sich geschlossene ringartige Schweißnaht 15 umgrenzt, welche die beiden Kunststofflagen 11, 12 im Bereich der Berührungsfläche 13 miteinander verbindet. Diese Schweißnaht 15 sorgt für einen mediendichten Einschluss des Transponders 16 im Inneren des Werkstücks 10.

Die Fig. 2 zeigt ein erstes Verfahren sowohl zur Herstellung als auch zur Kontrolle einer solchen Schweißnaht 15. Dazu verwendet man ein kombiniertes Gerät 40, welches zur Erzeugung und Leitung eines punktschraffiert veranschaulichten Laserstrahls 20 dient. Der Laserstrahl wird in einem Diodenlasermodul 21 erzeugt. Der Laserstrahl 20 trifft auf einen Umlenkspiegel 22, der für eine weitere, besondere elektromagnetische Strahlung 30 durchlässig ist, deren Entstehung noch näher beschrieben wird. Die Laserstrahlung 20 gelangt, wie der Strahlengang in Fig. 2 zeigt, auf zwei bewegliche Strahlenablenkspiegel 23, 24. Diese beiden Spiegel 23, 24 werden in definierter Weise bewegt, um den Laserstrahl 20 durch ein Theta-Objektiv 35 auf das Werkstück 10 zu lenken. Mit den beiden Spiegeln 23, 24 lässt sich die Schweißnaht 15 gemäß dem eingangs erwähnten Simultanschweißen erzeugen, welches besonders schnell und preiswert ausführbar ist. Die beiden Kunststoffteile 11, 12 des Werkstücks haben in diesem Fall folgende Eigenschaften.

Das Material 18 des ersten Kunststoffteils 11 ist für die Laserstrahlung 20 im wesentlichen transparent, aber das Material 19 des zweiten Kunststoffteils 12 absorbiert den Laserstrahl 20. Der transparente Kunststoff kann aus amorphem Material bestehen, und dadurch wenig streuen. Der Kunststoff 18 kann aber auch teilkristallin sein, d.h. stark streuend wirken. Dadurch kommt es im Bereich der Berührungsfläche 13 zu einer stellenweisen Verflüssigung der beiden

Kunststoffmaterialien 18, 19. Was dabei im Werkstück 10 geschieht, ist in der Vergrößerung von Fig. 4 zu erkennen. In Fig. 4 sieht man den Querschnitt der entstehenden Schweißnaht 15, die aus einem Werkstoffgemisch der beiden Ausgangsmaterialien 18, 19 besteht. Gegenüber der ursprünglichen Berührungsfläche 13 entsteht an der Schweißnaht 15, wie aus Fig. 4 hervorgeht, noch eine weitere Grenzfläche 25 gegenüber beiden, sie einschließenden unvermischt gebliebenen Kunststoffmaterialien 18, 19.

Neben dem Werkstück 10 befindet sich eine Quelle 31 für eine von der Laserstrahlung 20 unabhängige elektromagnetische Strahlung 30, die aus noch näher ersichtlichen Gründen nachfolgend kurz „Kontrollstrahlung“ genannt werden soll. Diese Kontrollstrahlung 30 wird, wie Fig. 2 verdeutlicht, in einem geeigneten Winkel 26 gegenüber dem aus dem Kombinationsgerät 40 kommenden Laserstrahl 20 in das Werkstück 20 eingeleitet. Im vorliegenden Fall soll das Kunststoffmaterial 18 der oberen Schicht 11 auch für die Kontrollstrahlung 30 transparent sein. Was dann passiert, soll anhand der Fig. 3 einerseits und Fig. 4 andererseits näher erläutert werden.

Die Fig. 3 zeigt jene Verhältnisse im Werkstück 10, wenn es, im extremen Fall, an ihrer Berührungsfläche 13 zu keiner Verschweißung der Kunststoffteile 11, 12 kommt. Im Inneren 27 des Werkstücks 10 führt die Kontrollstrahlung 30 eine mehrfache Reflektion 32 zwischen der Berührungsfläche 13 und der Außenfläche 17 aus. Ein Teil der auf die Außenfläche 17 treffenden Reflektionsstrahlung 32 tritt, wie die Pfeile 33 in Fig. 3 zeigen, heraus und wird vom Theta-Objektiv 35 des Geräts 40 von Fig. 2 gesammelt. Wie Fig. 2 verdeutlicht, verläuft diese austretende Kontrollstrahlung 33 im Gerät 40 auf den mit 28, 29 gekennzeichneten Teilstücken des zur Leitung der Laserstrahlung 20 dienenden optischen Wegs. Die austretende Kontrollstrahlung wird aber, wegen dem für diese Strahlung durchlässigen Umlenkspiegel 22 hindurchgeleitet und gelangt über eine Linse 34 auf einen Sensor 36, der an einen Auswerter 37 angeschlossen ist. Der Auswerter 37 erfasst die gemessene Kontrollstrahlung 33 und löst, in Abhängigkeit davon in nachgeschalteten Geräten 38 die gewünschten Reaktionen aus. Im vorliegenden Fall handelt es sich um

einen Monitor 38, der auf seinem Bildschirm die Qualität der im Werkstück 10 entstandenen Schweißnaht 15 wiedergibt.

Wenn an der erfassten Stelle eine Schweißnaht 15 im Werkstück 10 vorliegt, dann ergeben sich, in Abhängigkeit von ihrer Beschaffenheit, die aus Fig. 4 ersichtlichen besonderen Verhältnisse. Bezogen auf die Einfallrichtung der Kontrollstrahlung 30 ergeben sich vor der Schweißnaht 15 zwar die bereits beschriebenen Reflektionen 32 und Austritte 33 der Kontrollstrahlung, diese weichen aber gegenüber denjenigen 32', 33' hinter der Schweißnaht 15 wesentlich ab. Dazu trägt auch die raue Grenzfläche 25 im Bereich der Schweißnaht 15 bei, wo es zu einer diffusen Streuung 32'' kommt.

Das hat zur Folge, dass es an der vom Gerät 40 in Fig. 2 erfassten Stelle zu einer summativen Austrittsstrahlung 33' kommt, die sich bei Fig. 4 erheblich von jener unterscheidet, wie sie sich bei der in Fig. 3 ergebenden schweißnahtfreien Stelle im Werkstück 10 ergibt. Es kommt im transparenten Kunststoff 11 und gegebenenfalls auch im Bereich der Schweißnaht 15 zu mehrfachen Reflektionen. Durch Einstellung der Optik lässt sich der interessierende Bereich der Austrittsstrahlung 33' erfassen. Dazu dient ein Sensor 36, dem ein Auswerter 37 nachgeschaltet ist. Das Messergebnis wird in einem Anzeigegerät 38 kundbar gemacht. Die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigte, dass auch kleine Abweichungen vom Sollwert in der Ausbildung der Schweißnaht 15 eindeutig erfasst werden. Daher können Werkstücke mit noch tolerierbaren Schweißnähten 15 deutlich von solchen unterschieden werden, die als Ausschuss anzusehen sind.

Das vorgenannte Verfahren ist nicht nur bei Werkstücken 10 anwendbar, wo die Laser-Schweißnaht durch Laserstrahlung entsteht, sondern auch bei auf beliebig anderer Weise erzeugten Schweißnähten, z.B. solchen, die durch Reibschweißen oder durch Ultraschall-Schweißen erzeugt wurden. Außerdem kann das erfindungsgemäße Verfahren zeitlich unabhängig vom Schweißvorgang erzeugt werden, weil, im Gegensatz zum Stand der Technik nicht die von der Schweißnaht ausgehende Wärmestrahlung zur Messung genutzt wird. Bei diesem Verfahren kommt, wie erläutert wurde, eine davon völlig unabhängige Kontrollstrahlung 30 zum Einsatz,

die jederzeit angewendet werden kann. Das kann z.B. mit dem in Fig. 5 gezeigten weiteren Verfahrens nach der Erfindung erfolgen.

In Fig. 5 sind zur Benennung analoger Bauteile die gleichen Bezugszeichen wie im vorausgehenden Ausführungsbeispiel verwendet, weshalb insoweit die bisherige Beschreibung gilt. Es genügt hier lediglich auf die Unterschiede einzugehen.

In Fig. 5 wird das in Fig. 1 bereits erläuterte Werkstück 10 hinsichtlich der Güte der dort erzeugten Schweißnaht 15 kontrolliert. Die Kontrollstrahlung 30 kann von mehreren Seiten aus auf das Werkstück 10 einwirken. Man kann daher, wie Fig. 5 verdeutlicht, mehrere Strahlungsquellen 31 verwenden. In Fig. 5 kommt eine allseitige Ausleuchtung des Werkstücks 10 mit der Kontrollstrahlung 30 zustande. In Abhängigkeit von der Qualität der Schweißnaht 15 fällt die aus dem Werkstück 10 austretende Strahlung 33 unterschiedlich aus. Sie wird in Fig. 5 von einer CCD-Kamera 39 erfasst, die ein Bild der Schweißnaht 15 empfängt. Das Bild wird im zugehörigen Auswerter 37 mittels einer Bildbearbeitungs-Software analysiert. Im dortigen Anzeigegerät 38 erscheint dann ein entsprechend verstärktes und vergrößertes Bild 41 der vorher im Werkstück 10 entstandenen Schweißnaht 15. Je nach Ausfall des Bildes 41 können dann entsprechende Reaktionen von einer Kontrollperson oder von einem automatischen Überwachungsgerät ausgeführt werden.

Fig. 6 zeigt einen Bearbeitungskopf 50, der relativ gegenüber einem Werkstück 10 im Sinne der beiden Pfeile 42 bewegbar ist. Ein nicht näher gezeigter Diodenmodul erzeugt einen Laserstrahl 20, der über einen Eingang 61, nämlich einen Lichtwellenleiter, in den Bearbeitungskopf 50 gelangt und in Fig. 6 durch ausgezogene Pfeile verdeutlicht ist. Die Laserstrahlung 20 wird von einer Linse 45 parallel gerichtet, durchsetzt zwei Spiegel 43, 44 und wird von einem Kolimator 46 gebündelt und an einer definierten Stelle bei 47 fokussiert. Der Focus 47 befindet sich dann, wie die Vergrößerung von Fig. 7 zeigt, an der Berührungsfläche 13 zwischen den beiden bereits im Zusammenhang mit Fig. 3 und 4 beschriebenen Kunststoffteilen 11, 12, von denen der obere aus einem Kunststoffmaterial 18 besteht, welches transparent oder entweder wenig oder stark streuend ist.

Entscheidend ist, dass der Kunststoffteil 12 aus einem Kunststoffmaterial 19 besteht, welches die Laserstrahlung 20 absorbiert. Die Wellenlänge dieser Laserstrahlung 20 kann bei ca. 800 bis 940 nm liegen.

Im Bereich des Focus 47 entsteht eine Schmelze 48 aus beiden Materialien 18, 19. Während der Relativbewegung 42 des Werkstücks 10 gegenüber dem Bearbeitungskopf 50 wandert der Focus 47 weiter und es kommt zu einer allmählichen Verfestigung 49 der Schmelze. So entsteht die Schweißnaht 15. Zugleich wird das Laserlicht 20 im Inneren des transparenten bzw. wenig streuenden Materials 18 vom ersten Kunststoffteil 11, in Analogie zu Fig. 2 bzw. 4 gestreut. Die Streustrahlung ist durch ausgezogene Pfeile 52 veranschaulicht. Durch mehrfache Reflektionen gelangt die Streustrahlung 52 auch bis zu einer bestimmten Kontrollstelle 57, die in einem definierten Abstand 51 vom Focus 47 entfernt ist. Nach einer mehrfachen Streuung 52 entsteht eine Austrittsstrahlung 53, die durch eine feine Strichelung in Fig. 6 und 7 verdeutlicht ist. Die von der Kontrollstelle 57 ausgehende Austrittsstrahlung 53 wird vom optischen Bauteil 46 erfasst und parallel gerichtet. Die Austrittsstrahlung 53 durchsetzt den unteren Spiegel 44, wird aber am oberen Spiegel 43 reflektiert und gelangt schließlich in einen Detektor 55. Dieser Detektor 55 befindet sich in einem Versatz 54 gegenüber einer den optischen Strahlengang bestimmenden, nicht näher gezeigten zentralen Achse. Dieser Versatz 54 berücksichtigt den erwähnten Abstand 51 der beobachteten Kontrollstelle 57 von der Schmelzstelle 48. Am Detektor passiert das, was bereits im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel im Anschluss an den Sensor 36 beschrieben worden ist.

Der Bearbeitungskopf 50 besitzt außerdem noch eine Strahlungsquelle 31 für eine vom Laserlicht unabhängige elektromagnetische Kontrollstrahlung 30, deren Wellenlänge z.B. bei 750 bis 800 nm liegt. Damit ist es mit diesem Bearbeitungskopf 50 möglich alternativ oder zusätzlich zu der vorbeschriebenen Prüfung mittels der Austrittsstrahlung 53 der Schweißstrahlung 20 auch eine davon unabhängige Kontrolle durchzuführen. Diese Prüfung kann dann ebenfalls über einen Detektor 55 erfolgen, der die vorbeschriebene Kontrollstelle 57 im Werkstück 10 erfasst. Zur

Parallelrichtung bzw. Fokussierung der Austrittsstrahlung 53 bzw. der Kontrollstrahlung 30 dient ein optischer Bauteil 56.

In dem Bearbeitungskopf 50 ist schließlich auch noch ein Pyrometer 58 integriert, welches die in Fig. 6 durch gepunktete Pfeile 60 verdeutlichte Wärmestrahlung über ein optisches Bauteil 59 erfasst. Die Wärmestrahlung 60 geht von der Schweißstelle 47 aus. Dies wird zur Regelung der Schmelztemperatur genutzt. Gleichzeitig kann die Kontrolle des Schweißergebnisses über die Prüfstrahlung 30 erfolgen, deren Austrittsstrahlung 33, 33' der Kontrollstelle 57 am Detektor 55 erfasst wird. Damit kann der Bearbeitungskopf 50 alle drei vorbeschriebenen Verfahren zur Kontrolle der entstehenden Schweißnaht 15 bzw. der Schweißstelle 47 erfassen. Diese Messergebnisse werden dann in angeschlossenen Geräten entweder gemeinsam oder einzeln analysiert.

Das Pyrometer 58 kann in einen Regelkreis mit der Quelle des Laserlichts 20 integriert sein. Die von der Schweißstelle 47 ausgehende Wärmestrahlung wird vom Pyrometer 58 erfasst und in den nachgeschalteten Geräten ausgewertet. Bei Abweichungen von einem gewünschten Sollwert wird mit dem Ergebnis der Auswertung die Intensität des Laserlichts 20 geregelt.

Die im Bearbeitungskopf 50 integrierten, beschriebenen Bauteile können auch in Einzelgeräten untergebracht sein. Diese Einzelgeräte werden dann gruppenweise nebeneinander angeordnet.

Bezugszeichenliste :

- 10 Werkstück
- 11 erster Kunststoffteil von 10
- 12 zweiter Kunststoffteil von 10
- 13 Berührungsfläche zwischen 11, 12
- 14 Aufnahme in 12 für 16
- 15 Schweißnaht zwischen 11, 12
- 16 Transponder
- 17 Außenfläche von 11
- 18 erstes Kunststoffmaterial von 11
- 19 zweites Kunststoffmaterial von 12
- 20 Laserstrahl, Laserstrahlung
- 21 Diodenmodul für 10
- 22 Umlenkspiegel für 21 bzw. Durchlässigkeits-Spiegel für 33
- 23 erster Strahlen-Umlenkspiegel für 20, 33
- 24 zweiter Strahlen-Umlenkspiegel für 20, 33
- 25 raue Grenzfläche von 15 gegenüber 11 (Fig. 4)
- 26 Winkel zwischen 20, 33 (Fig. 2)
- 27 Inneres von 10
- 28 erstes Teilstück von 20 in 40
- 29 zweites Teilstück von 20 in 40
- 30 elektromagnetische Strahlung, Kontrollstrahlung
- 31 Strahlungsquelle für 30
- 32 Reflektion von 30 in 27 (ohne Schweißnaht)
- 32' Reflektion der Kontrollstrahlung hinter der Schweißnaht 15
- 32'' diffuse Streuung an 25 von 15
- 33 Austrittsstrahlung aus 17 (ohne Schweißnaht)
- 33' Austrittsstrahlung bei einer Schweißnaht (Fig. 4)
- 34 Linse für 33
- 35 Theta-Objektiv von 40

- 36 Sensor für 33
- 37 Auswerter für 33
- 38 Anzeigegerät, Monitor
- 39 CCD-Kamera
- 40 kombiniertes Gerät
- 41 Abbildung von 15 in 38 (Fig. 5)
- 42 Relativbewegung von 50 gegenüber 10 (Fig. 6)
- 43 oberer halbdurchlässiger Spiegel
- 44 unterer halbdurchlässiger Spiegel
- 45 Linse, optischer Bauteil
- 46 Kolimator, optischer Bauteil
- 47 Schweißstelle, Focus von 20 in 10
- 48 Schmelze aus 18, 19 (Fig. 7)
- 49 Verfestigung von 48
- 50 Bearbeitungskopf (Fig. 6)
- 51 Abstand zwischen 47, 57 (Fig. 7)
- 52 Streustrahlung in 18 (Fig. 7)
- 53 Austrittsstrahlung aus 18 (Fig. 6, 7)
- 54 Versatz von 55
- 55 Detektor für 53
- 56 optischer Bauteil für 30, 53
- 57 Kontrollstelle an 15
- 58 Pyrometer
- 59 optischer Bauteil
- 60 Wärmestrahlung von 47 (Fig. 6)
- 61 Eingang für 20 (Fig. 6)

Patentansprüche :

- 1.) Verfahren zur Kontrolle einer Schweißnaht (15) zwischen zwei aus schweißfähigem Material (18, 19) bestehenden Kunststoffteilen (11, 12) eines Werkstücks (10),

wobei die Schweißnaht (15) mittels einer Laserstrahlung (20) erzeugt wird

und der eine Kunststoffteil (11) des Werkstücks (10) für die Laserstrahlung (20) im wesentlichen transparent, aber der andere Kunststoffteil (12) absorbierend sind,

und die Güte der dabei hergestellten Schweißnaht (15) auf optischem Wege ermittelt wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass eine elektromagnetische Kontrollstrahlung (30) ins Innere des für diese Kontrollstrahlung (30) transparenten Kunststoffteils (11) vom Werkstück (10) eingebracht wird,

dass einer der beiden Kunststoffteile (11, 12) auch für die Kontrollstrahlung (30) transparent ist.

wobei die Kontrollstrahlung (30) sowohl an den Berührungsflächen (13) zwischen den Kunststoffteilen (11, 12) als auch an der Grenzfläche (25) der Naht (15) reflektiert (32) wird und teilweise aus dem Werkstück (10) wieder austritt (33, 33'),

dass die nach der Reflektion (32', 32'') im Werkstück (10) sich ergebende Austrittsstrahlung (33') gemessen (36) und der Messvorgang einem Auswerter (37) zugeführt wird

und dass die durch eine fehlerhafte Naht (15) sich ergebende Störung der gemessenen Austrittsstrahlung (33') vom Auswerter (37) festgestellt wird und Reaktionen (38) auslöst.

- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Kontrollstrahlung eine von der Laserstrahlung (20) unabhängige Strahlung (30) verwendet wird.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Kontrollstrahlung die zum Herstellen der Schweißnaht (15) verwendete Laserstrahlung (20) selbst dient.
- 4.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass beim Messen jene Austrittsstrahlung (53) erfasst wird,

die von einer bereits verfestigten (49) Stelle (57) der entstehenden Schweißnaht (15) ausgeht.
- 5.) Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessene Austrittsstrahlung (53) zwar die im Werkstück (10) gestreute (52) Laserstrahlung (20) selbst ist,

aber von einer Stelle (57) ausgeht, die gegenüber dem Focus (47) der Laserstrahlung (20), wo sich die aktuelle liquide Schmelzstelle (48) befindet, beabstandet (51) ist.

- 6.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstrahlrichtung der Kontrollstrahlung (30) auf das Werkstück (10) in einem Winkel (26) zur Einfallsrichtung des Laserstrahls (20) erfolgt.
- 7.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Einstrahlrichtung der Kontrollstrahlung (30) auf das Werkstück koaxial zur Einfallsrichtung des Laserstrahls (20) erfolgt.
- 8.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die aus dem Werkstück (10) austretende Kontrollstrahlung (33; 53) auf ihrem Weg bis zur Messstelle (36; 55) auf einem Teilstück (29, 28) jenes optischen Wegs erfolgt,

auf welchem, in umgekehrter Richtung, das Laserlicht (20) bis zur Schweißstelle (15; 47) im Werkstück (10) geführt wird.
- 9.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (10) zunächst fertig geschweißt (15) und das Schweißprodukt dann unter eine CCD-Kamera (39) gebracht wird,

dass das unter der CCD-Kamera (39) befindliche Schweißprodukt mit der Kontrollstrahlung (30) ausgeleuchtet wird

und dass das von der CCD-Kamera (39) erfasste Bild des Schweißprodukts im nachgeschalteten Auswerter (37) mittels einer Bildverarbeitungs-Software analysiert wird.
- 10.) Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der transparente Kunststoff (18) wenig oder stark streuend ist.

- 11.) Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem gemeinsamen Bearbeitungskopf (50) sowohl die Geräte zur Erzeugung (21) und Steuerung (43, 44, 45, 46) der Laserstrahlung (20),

als auch Einrichtungen zur Erzeugung (31) der Kontrollstrahlung (30) und Messung (36) der Austrittsstrahlung (33, 33') angeordnet sind.

- 12.) Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontrollstrahlung (53) die Laserstrahlung (20) selbst ist und von dem im Bearbeitungskopf integrierten Gerät zur Erzeugung (21) und Steuerung (43, 44) der Laserstrahlung (20) ausgeht.

- 13.) Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Bearbeitungskopf (50) ein Pyrometer (58) aufweist, welches die von der Schweißstelle (47) ausgehende Wärmestrahlung erfasst,

und dass dem Bearbeitungskopf (50) ein Regler zugeordnet ist, welcher entsprechend dem Messergebnis im Pyrometer (58) die Intensität der zum Schweißen dienenden Laserstrahlung (20) regelt.

214

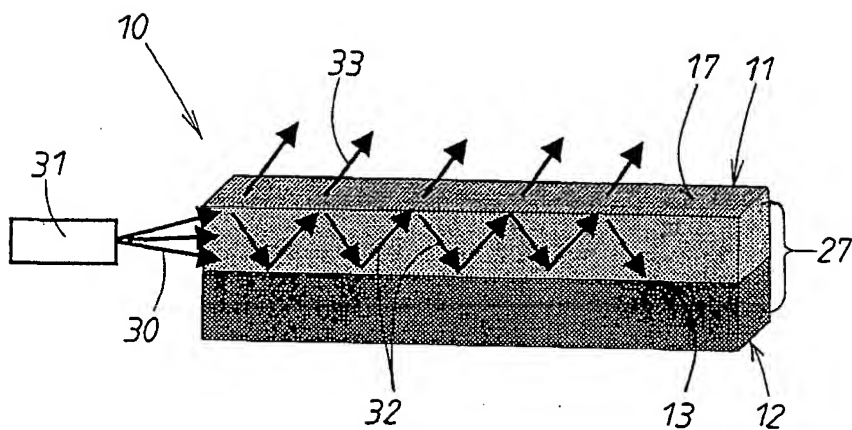


FIG. 3

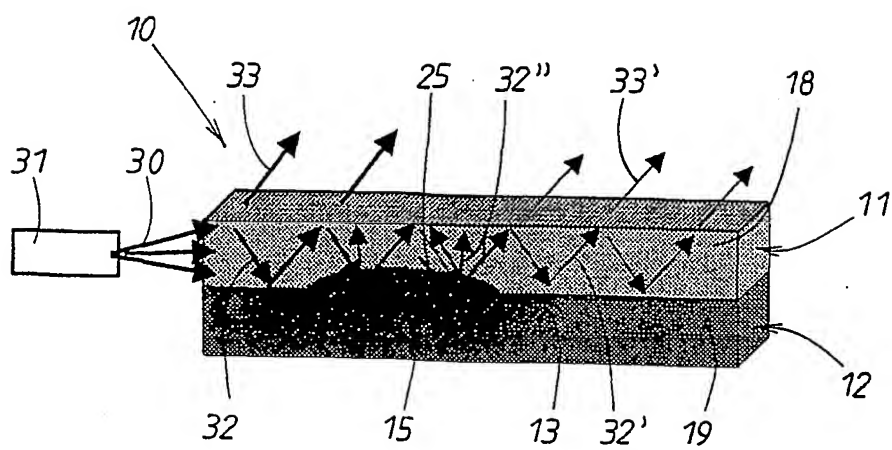


FIG. 4

3/4

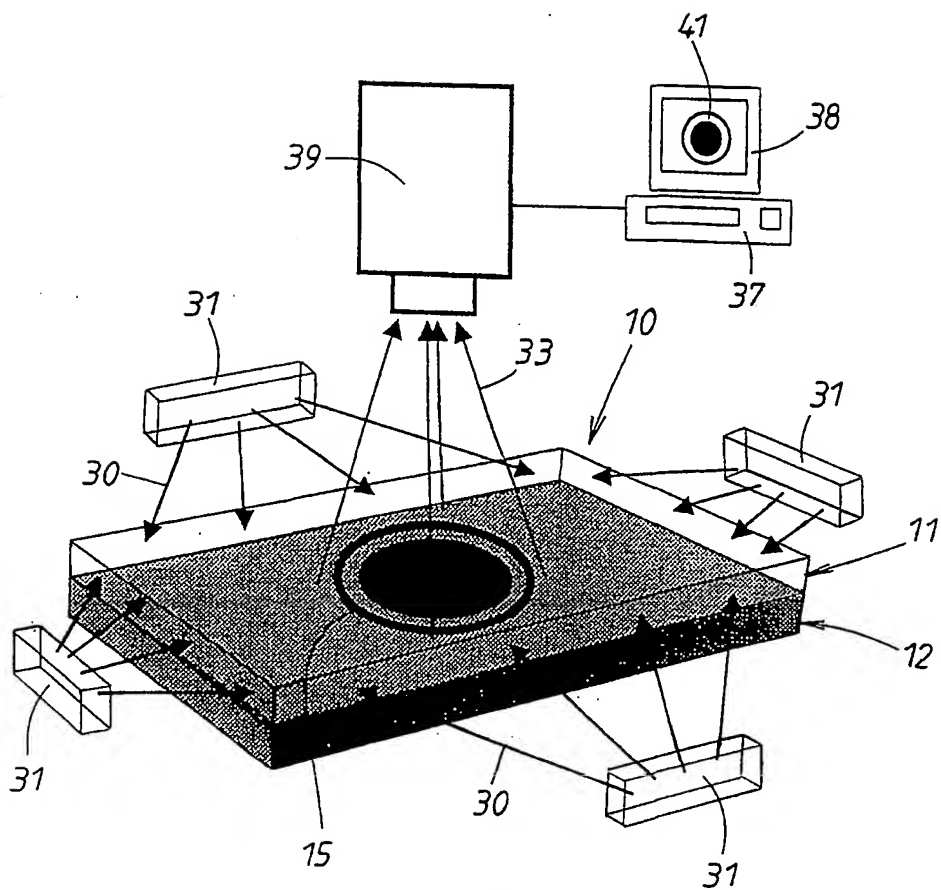


FIG. 5

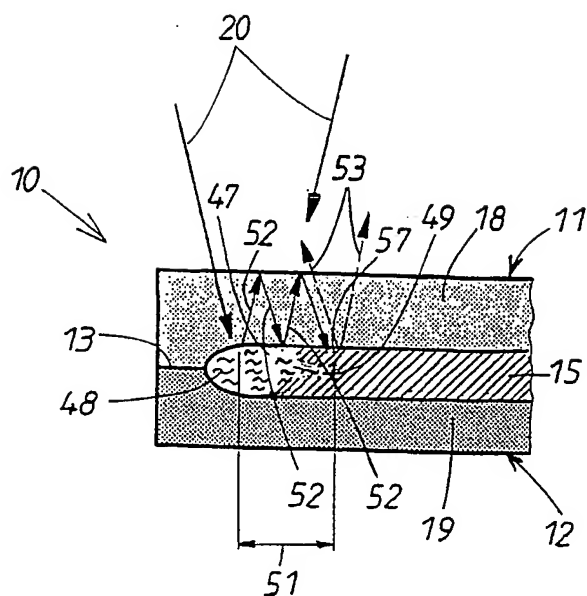


FIG. 7

4 / 4

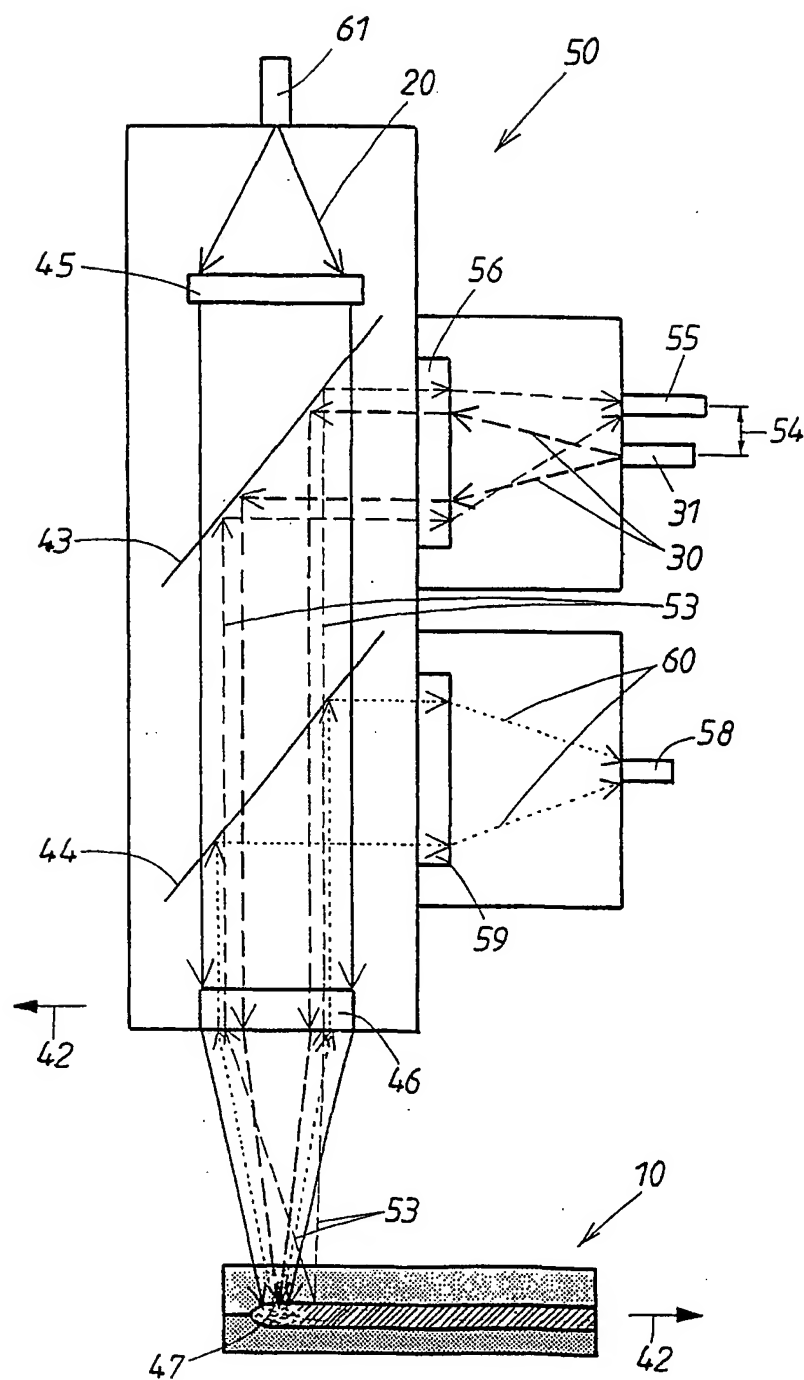


FIG. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 02/03789

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01N21/958 B29C65/00 G01N21/88

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29C G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 09, 31 July 1998 (1998-07-31) & JP 10 100259 A (NANNICHI YASUO;SEKISUI CHEM CO LTD), 21 April 1998 (1998-04-21) abstract	1,3
A	DE 43 11 320 A (BRANSON ULTRASCHALL) 13 October 1994 (1994-10-13) claim 1; figures	1,9,13
A	DE 297 07 777 U (PINI PETER) 28 August 1997 (1997-08-28) claim 1; figures	1,2,4,9
A	FR 2 369 560 A (ICI LTD) 26 May 1978 (1978-05-26) claim 1	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 September 2002

Date of mailing of the international search report

07/10/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Krametz, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

mation on patent family members

Inte Application No

PC1/EP 02/03789

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 10100259	A	21-04-1998	NONE	
DE 4311320	A	13-10-1994	DE 4311320 A1	13-10-1994
DE 29707777	U	28-08-1997	DE 29707777 U1	28-08-1997
FR 2369560	A	26-05-1978	BE 860444 A1	03-05-1978
			DE 2746808 A1	03-05-1978
			FR 2369560 A1	26-05-1978
			JP 53056272 A	22-05-1978
			LU 78422 A1	02-02-1979
			NL 7711138 A	03-05-1978

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter des Aktenzeichen

PCT/EP 02/03789

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01N21/958 B29C65/00 G01N21/88

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B29C G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 09, 31. Juli 1998 (1998-07-31) & JP 10 100259 A (NANNICHI YASUO; SEKISUI CHEM CO LTD), 21. April 1998 (1998-04-21) Zusammenfassung ----	1,3
A	DE 43 11 320 A (BRANSON ULTRASCHALL) 13. Oktober 1994 (1994-10-13) Anspruch 1; Abbildungen ----	1,9,13
A	DE 297 07 777 U (PINI PETER) 28. August 1997 (1997-08-28) Anspruch 1; Abbildungen ----	1,2,4,9
A	FR 2 369 560 A (ICI LTD) 26. Mai 1978 (1978-05-26) Anspruch 1 -----	1

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. September 2002

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

07/10/2002

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Krametz, E

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung

die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/03789

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 10100259	A	21-04-1998	KEINE	
DE 4311320	A	13-10-1994	DE 4311320 A1	13-10-1994
DE 29707777	U	28-08-1997	DE 29707777 U1	28-08-1997
FR 2369560	A	26-05-1978	BE 860444 A1	03-05-1978
			DE 2746808 A1	03-05-1978
			FR 2369560 A1	26-05-1978
			JP 53056272 A	22-05-1978
			LU 78422 A1	02-02-1979
			NL 7711138 A	03-05-1978